

03500.015881



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

1733

#5

723-23-02

In re Application of: )  
YUTAKA KAGAWA ET AL. )  
Application No.: 09/977,972 )  
Filed: October 17, 2001 )  
For: PIEZOELECTRIC FILM )  
TYPE ACTUATOR, LIQUID )  
DISCHARGE HEAD, AND )  
METHOD OF MANUFACTURING: )  
THE SAME )

Examiner: Not Yet Assigned  
Group Art Unit: 1733  
January 10, 2002

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

RECEIVED  
JAN 15 2002  
TC 1700

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

In support of Applicants' claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is  
a certified copy of the following foreign application:

2000-319381, filed October 19, 2000.

RECEIVED  
MAR 19 2002  
TC 1700

Applicants' undersigned attorney may be reached in our New York office by telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,

  
Attorney for Applicants

Registration No. 48,512

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200

NY\_MAIN 229974 v 1



CFD 15881 VS. / fu

日 本 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年10月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-319381

出 願 人

Applicant(s):

キャノン株式会社  
香川 豊

RECEIVED

JAN 15 2002

TC 1700

RECEIVED

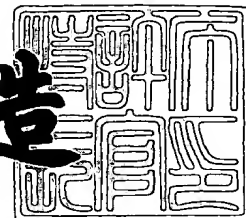
MAR 19 2002

TC 1700

2001年11月 9日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3098718

【書類名】 特許願

【整理番号】 4332001

【提出日】 平成12年10月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B41J 2/045  
B41J 2/16  
H01L 41/08  
H01L 41/22

【発明の名称】 圧電膜型アクチュエータおよび液体噴射ヘッドとその製造方法

【請求項の数】 28

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都立川市柴崎町4丁目6番33号  
【氏名】 香川 豊

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内  
【氏名】 海野 章

【発明者】  
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内  
【氏名】 福井 哲朗

【特許出願人】  
【識別番号】 000001007  
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社  
【代表者】 御手洗 富士夫

【特許出願人】  
【住所又は居所】 東京都立川市柴崎町4丁目6番33号  
【氏名又は名称】 香川 豊

【代理人】

【識別番号】 100095991

【弁理士】

【氏名又は名称】 阪本 善朗

【電話番号】 03-5685-6311

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 020330

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704673

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電膜型アクチュエータおよび液体噴射ヘッドとその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧電膜と振動板構造体とが接合された圧電膜型アクチュエータの製造方法において、圧電膜を中間転写体上に形成する工程と、中間転写体上の圧電膜と振動板構造体を接合する工程と、中間転写体を圧電膜から剥離する工程を含むことを特徴とする圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 2】 圧電膜が、鉛、チタンおよびジルコニウムを有することを特徴とする請求項 1 記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 3】 圧電膜がパターンニングされていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 4】 圧電膜の表面粗度  $R_a$  が  $0.01\mu m \sim 2.5\mu m$  であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 5】 圧電膜と振動板構造体を接合する工程において、圧電膜と振動板構造体は、金属単体、合金、金属酸化物、金属窒化物または金属間化合物を介して、通電加熱、低温加熱、あるいは通電圧接により接合されることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 6】 中間転写体を圧電膜から剥離する工程において、中間転写体側からレーザー光を照射して、該中間転写体を剥離することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 7】 レーザ光が、エキシマレーザー光であることを特徴とする請求項 6 記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 8】 レーザ光が、赤外レーザー光であることを特徴とする請求項 6 記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 9】 中間転写体は波長  $230nm \sim 260nm$  の透過率が 20% 以上であることを特徴とする請求項 7 記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 1 0】 中間転写体は波長 7 0 0 n m ~ 1 2 5 0 n m の透過率が 2 0 % 以上であることを特徴とする請求項 8 記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 1 1】 中間転写体を圧電膜から剥離する工程において、束状の流体を中間転写体と圧電膜の間に噴射して、該中間転写体を剥離することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 1 2】 中間転写体と圧電膜との間に多孔質層が形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 5 および 1 1 のいずれか 1 項に記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 1 3】 多孔質層は金属酸化物を含有することを特徴とする請求項 1 2 記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法。

【請求項 1 4】 請求項 1 ないし 1 3 のいずれか 1 項に記載の圧電膜型アクチュエータの製造方法によって製造されたことを特徴とする圧電膜型アクチュエータ。

【請求項 1 5】 液吐出口と該液吐出口に接続された液室とを有する基板部と、圧電膜と前記液室の一部に設けられた振動板とからなる圧電膜型アクチュエータとを備え、前記圧電膜型アクチュエータをたわみ振動させることにより液吐出口から液体を吐出させる液体噴射ヘッドの製造方法において、圧電膜を中間転写体上に形成する工程と、中間転写体上の圧電膜と振動板構造体を接合する工程と、中間転写体を圧電膜から剥離する工程を含むことを特徴とする液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 1 6】 圧電膜が、鉛、チタンおよびジルコニウムを有することを特徴とする請求項 1 5 記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 1 7】 圧電膜がパターンニングされていることを特徴とする請求項 1 5 または 1 6 記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 1 8】 圧電膜の表面粗度  $R_a$  が  $0.01 \mu m \sim 2.5 \mu m$  であることを特徴とする請求項 1 5 ないし 1 7 のいずれか 1 項に記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 1 9】 圧電膜と振動板構造体を接合する工程において、圧電膜と振動板構造体は、金属単体、合金、金属酸化物、金属窒化物または金属間化合物を介して、通電加熱、低温加熱、あるいは通電圧接により接合されることを特徴とする請求項 1 5 ないし 1 8 のいずれか 1 項に記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 2 0】 中間転写体を圧電膜から剥離する工程において、中間転写体側からレーザ光を照射して、該中間転写体を剥離することを特徴とする請求項 1 5 ないし 1 9 のいずれか 1 項に記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 2 1】 レーザ光が、エキシマレーザ光であることを特徴とする請求項 2 0 記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 2 2】 レーザ光が、赤外レーザ光であることを特徴とする請求項 2 0 記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 2 3】 中間転写体は波長 2 3 0 n m ~ 2 6 0 n m の透過率が 2 0 % 以上であることを特徴とする請求項 2 1 記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 2 4】 中間転写体は波長 7 0 0 n m ~ 1 2 5 0 n m の透過率が 2 0 % 以上であることを特徴とする請求項 2 2 記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 2 5】 中間転写体を圧電膜から剥離する工程において、束状の流体を中間転写体と圧電膜の間に噴射して、該中間転写体を剥離することを特徴とする請求項 1 5 ないし 1 9 のいずれか 1 項に記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 2 6】 中間転写体と圧電膜との間に多孔質層が形成されていることを特徴とする請求項 1 5 ないし 1 9 および 2 5 のいずれか 1 項に記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 2 7】 多孔質層は金属酸化物を含有することを特徴とする請求項 2 6 記載の液体噴射ヘッドの製造方法。

【請求項 2 8】 請求項 1 5 ないし 2 7 のいずれか 1 項に記載の液体噴射ヘッドの製造方法によって製造されたことを特徴とする液体噴射ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】



本発明は、液体噴射ヘッド、マイクロホン、スピーカーなどの発音体、各種振動子や発振子、さらにはセンサー等に用いられる圧電膜型アクチュエータおよびその製造方法、ならびに、圧電膜型アクチュエータを用いた液体噴射ヘッドおよびその製造方法に関するものである。なお、ここで呼称される圧電膜型アクチュエータとは、電気エネルギーを機械エネルギーすなわち機械的な変位や振動または応力に変換する素子およびその逆の変換を行う素子を意味するものとする。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

近年、光学や精密加工等の分野において、サブミクロンのオーダーで光路長や位置を調整する変位素子や微小変位を電気的变化として検知する検出素子が所望されるようになってきており、これに応えるものとして、強誘電体の圧電／電歪材料に電界を加えた時に起こる逆圧電効果や電歪効果に基づくところの変位あるいはその逆の現象を利用した素子である圧電膜型アクチュエータの開発が進められている。

## 【 0 0 0 3 】

また、液体噴射記録ヘッド等においては、圧電膜型アクチュエータの構造として、従来からユニモルフ型やバイモルフ型が好適に採用されている。そこでは、そのような圧電膜型アクチュエータを用いた液体噴射記録装置の印字品質や印字速度等の向上が要求されており、これに応えるべく、かかる圧電膜型アクチュエータの小型化、高密度化、低電圧駆動化、高速応答性化、および長尺多ノズル化を図るための開発が進められている。

## 【 0 0 0 4 】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、前述したユニモルフ型やバイモルフ型の圧電膜型アクチュエータにおいては、大きな屈曲変位や発生力あるいは発生電位を得るために、振動板となる基板の厚さを薄くすることが重要とされるが、かかる基板の厚さを減少させると、強度が低下し、平滑性が低下するという問題があった。さらに、従来のユニモルフ型やバイモルフ型の圧電膜型アクチュエータにおいては、接着剤を用いるために信頼性が損ねるという問題点もあった。

【 0 0 0 5 】

このような問題点を克服のために、特開昭 6 2 - 2 1 3 3 9 9 号公報には、圧電セラミックスとセラミックス振動板を同時に焼結することで、接着剤を用いることなく、強固な接合強度をもたらす技術が開示されている。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、この方法においては高温で異種の材料を焼結することから、振動板および圧電セラミックスそのものが収縮するため、大面積でミクロンオーダーの寸応精度を合わせることが困難であった。そのため信頼性の高い大面積の圧電膜型アクチュエータや液体噴射ヘッドを得ることが困難であった。

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明は、前述した従来技術の有する未解決の課題に鑑みてなされたものであって、大面積で信頼性が高く、かつ低駆動電圧で大変位が得られ、応答速度が速く、高集積化が可能な圧電膜型アクチュエータおよび圧電膜型アクチュエータを用いる液体噴射ヘッドとそれらの製造方法を提供することを目的とするものである。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の圧電膜型アクチュエータの製造方法は、圧電膜と振動板構造体とが接合された圧電膜型アクチュエータの製造方法において、圧電膜を中間転写体上に形成する工程と、中間転写体上の圧電膜と振動板構造体を接合する工程と、中間転写体を圧電膜から剥離する工程を含むことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

本発明の圧電膜型アクチュエータの製造方法においては、圧電膜は、鉛、チタンおよびジルコニウムを有することが好ましく、また、圧電膜はパターンニングされているものであっても良い。

【 0 0 1 0 】

本発明の圧電膜型アクチュエータの製造方法においては、圧電膜と振動板構造体を接合する工程において、圧電膜と振動板構造体は、金属単体、合金、金属酸

化物、金属窒化物または金属間化合物を介して、通電加熱、低温加熱、あるいは通電圧接により接合されることが好ましく、また、圧電膜の表面粗度  $R_a$  が  $0.01\mu m \sim 2.5\mu m$  であることが好ましく、より好ましくは  $0.02\mu m \sim 1.0\mu m$  である。

【 0 0 1 1 】

本発明の圧電膜型アクチュエータの製造方法においては、中間転写体を圧電膜から剥離する工程において、中間転写体側からエキシマレーザー光や赤外レーザー光等のレーザー光を照射して、該中間転写体を剥離することが好ましい。

【 0 0 1 2 】

本発明の圧電膜型アクチュエータの製造方法においては、中間転写体を圧電膜から剥離する工程において、束状の流体（ウォータージェット）を中間転写体と圧電膜の間に噴射して、該中間転写体を剥離することが好ましく、中間転写体と圧電膜との間には密度が  $30\% \sim 95\%$  の多孔質層が形成されていることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法は、液吐出口と該液吐出口に接続された液室とを有する基板部と、圧電膜と前記液室の一部に設けられた振動板とからなる圧電膜型アクチュエータとを備え、前記圧電膜型アクチュエータをたわみ振動させることにより液吐出口から液体を吐出させる液体噴射ヘッドの製造方法において、圧電膜と振動板構造体とが接合された圧電膜型アクチュエータの製造方法において、圧電膜を中間転写体上に形成する工程と、中間転写体上の圧電膜と振動板構造体を接合する工程と、中間転写体を圧電膜から剥離する工程を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法においては、圧電膜は、鉛、チタンおよびジルコニウムを有することが好ましく、また、圧電膜はパターンニングされていることが好ましい。

【 0 0 1 5 】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法においては、圧電膜と振動板構造体を接合

する工程において、圧電膜と振動板構造体は、金属単体、合金、金属酸化物、金属窒化物または金属間化合物を介して、より好ましくは、金属単体、合金、金属間化合物を介して、通電加熱、低温加熱、あるいは通電圧接により接合されることが好ましく、また、圧電膜の表面粗度  $R_a$  が  $0.01\ \mu\text{m} \sim 2.5\ \mu\text{m}$  であることが好ましく、より好ましくは  $0.02\ \mu\text{m} \sim 1.0\ \mu\text{m}$  である。

## 【0016】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法においては、中間転写体を圧電膜から剥離する工程において、中間転写体側からエキシマレーザー光や赤外レーザー光等のレーザー光を照射して、該中間転写体を剥離することが好ましい。

## 【0017】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法においては、中間転写体を圧電膜から剥離する工程において、束状の流体を中間転写体と圧電膜の間に噴射して、該中間転写体を剥離することが好ましく、中間転写体と圧電膜との間にはカーボンおよび／または酸化物セラミックス等を用いて形成された密度  $30\% \sim 95\%$  の多孔質層が形成されていることが好ましい。

## 【0018】

本発明の圧電膜型アクチュエータは、前述した圧電膜型アクチュエータの製造方法によって製造されたことを特徴とする。

## 【0019】

本発明の液体噴射ヘッドは、前述した液体噴射ヘッドの製造方法によって製造されたことを特徴とする。

## 【0020】

## 【作用】

本発明によれば、圧電膜を振動板構造体に直接成膜するのではなく中間転写体を介在させて圧電膜を形成するものであって、圧電膜を中間転写体に形成する工程と圧電膜を振動板構造体に接合する工程を分離することができることから、圧電膜と振動板構造体の接合の加熱温度を  $500^\circ\text{C}$  以下の低温とすることができ、また、圧電膜の成膜プロセスとアクチュエータの製造プロセスが機能分離されていることから、アクチュエータとしての振動板構造体の材料を幅広く選択するこ

とができ、さらに、圧電膜の性能を任意に調整した膜を得ることができる利点がある。また、圧電膜と振動板構造体の接合に際して、圧電膜の表面粗度  $R_a$  を  $0.01\mu\text{m} \sim 2.5\mu\text{m}$ 、より好ましくは  $0.02\mu\text{m} \sim 1.0\mu\text{m}$  とし、金属、合金、金属酸化物、金属窒化物または金属間化合物を介して、通電加熱、低温加熱、あるいは通電圧接により接合することによって、接着剤を用いることなく、接合強度および耐久性を向上させることができ、信頼性の高い圧電膜型アクチュエータを得ることができる。

【0021】

さらに、圧電膜を形成する中間転写体を機械的にあるいはレーザ光の照射により容易にかつ圧電膜を損傷させることなく剥離することができ、これにより中間転写体を再利用することが可能となる。

【0022】

これにより、低駆動電圧で大変位が得られ、応答速度が速く、発生力の大きい、大面積化・高集積化が可能な圧電膜型アクチュエータを得ることができる。

【0023】

さらに、低駆動電圧で大変位が得られ、高速応答が可能で安定した信頼性の高い長尺で高密度の液体噴射ヘッドを作製することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0025】

図1は、本発明の圧電膜型アクチュエータの製造方法の主要工程を示す工程図である。

【0026】

本発明の圧電膜型アクチュエータ（以下、単にアクチュエータともいう）の製造方法の主要工程は、図1に示すように、圧電膜を中間転写体上に形成する工程と、中間転写体上の圧電膜を振動板構造体に接合する工程と、中間転写体を圧電膜から剥離する工程とから構成されている。

【0027】

第 1 の工程である圧電膜を中間転写体上に形成する工程においては、図 1 の (a) に示すように、中間転写体 2 上に多孔質層 3 を形成し、その上に圧電膜 1 を形成する。

## 【 0 0 2 8 】

圧電膜 1 の形成は、焼結法、スパッタ法、ゾルゲル法、CVD 法、水熱合成法、レーザーアブレーション法、ガスデポジション法等の公知の方法を適宜採用することができ、用途に応じた特性が取れる圧電膜組成と製法を選択することができる。圧電膜 1 の組成としては、鉛、チタンおよびジルコニウムから構成される酸化物であるペロブスカイト構造を持つチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) やチタン酸バリウム、チタン酸ジルコン酸バリウム、あるいは、それらに Mn, Nb, La, Ge 等の元素を添加した組成でも良い。圧電膜の結晶性としては、多結晶でも単結晶でも良い。また、圧電膜 1 の形態は、図 1 の (a) にはパターンニングされた形態を図示するが、用途に応じて種々の形態とすることができ、パターンニングされた形態に限定されるものではない。パターンニングする方法としては、ベタ膜をドライあるいはウェットでエッチングする方法やサンドブラスト法や機械的切断処理や成膜時にメタルマスクあるいはレジストを形成しておきパターンニングする方法がある。さらには、光硬化型の樹脂で、高密度の鋳型を形成しその間を PZT ペーストで埋め込むリフトオフ方式もある。圧電膜 1 の膜厚は、 $0.1\ \mu\text{m} \sim 20\ \mu\text{m}$  であり、好ましくは  $0.5\ \mu\text{m} \sim 12\ \mu\text{m}$  である。

## 【 0 0 2 9 】

また、圧電膜 1 を形成する中間転写体 2 としては、アルミナ、ジルコニア、マグネシア、サファイア等の無機酸化物を用いる。なお、用途に応じては単結晶であっても良い。また、中間転写体 2 の膜厚は  $10\ \mu\text{m} \sim 5\ \text{mm}$  の厚みが良く、好ましくは  $100\ \mu\text{m} \sim 2\ \text{mm}$  である。中間転写体 2 を  $10\ \mu\text{m}$  以下の膜厚とすると、圧電膜 1 の形状保持と次工程の接合でのハンドリングが悪いという問題があり、また、 $5\ \text{mm}$  以上の膜厚では、接合後に中間転写体 2 を剥離する時に圧電膜 1 を損傷させることなく剥離することが難しくなるという問題があり、好ましくない。また、中間転写体 2 の上に予めアクチュエータ用の電極を形成しておくこともできる。なお、中間転写体 2 は、後述するように、中間転写体 2 の接合後

の剥離工程における剥離手法によりその光学特性あるいは層構成が限定される場合もある。

#### 【0030】

多孔質層3は、圧電膜1を振動板構造体4に接合した後に中間転写体2を剥離する際に容易に剥離することができるように形成するものであり、多孔質層3は、カーボンまたは未焼結性セラミックスを含有する材料から形成することが好ましく、例えば、中間転写体2上にカーボンと金属酸化物含有層を予め作成し、このカーボン含有層が圧電膜1を焼成する熱により脆弱な金属酸化物層となることによって、この脆弱な多孔質層3を破壊させることにより圧電体1と中間転写体2を分離させ、中間転写体2を容易に剥離させることができる。なお、後述するように、剥離手法によっては、例えば、レーザー光の照射により剥離する場合には、多孔質層3を介在させることなく中間転写体2を剥離することも可能である。

#### 【0031】

また、圧電膜1における振動板構造体4と接合される側の表面粗度 $R_a$ は、 $0.01\mu\text{m}\sim 2.5\mu\text{m}$ の範囲であることが望ましく、より好ましくは、 $0.02\mu\text{m}\sim 1.0\mu\text{m}$ である。この圧電膜1の表面粗度 $R_a$ は、後工程で圧電膜1を振動板構造体4に接合する（図1の（b）参照）際に、より低温かつ低圧で接合することができるように、そして、アクチュエータの耐久性を上げるために、上記範囲内の表面粗度 $R_a$ であることが好ましい。圧電膜1の表面粗度 $R_a$ が $0.01\mu\text{m}$ 未満では接合強度が不足し、後工程の剥離工程で振動板構造体4と圧電膜1が剥離するという問題が発生する場合がある。また、圧電膜の表面粗度 $R_a$ が $2.5\mu\text{m}$ を超えるとアクチュエータの特性（変位特性、周波数特性）が不良となり、好ましくない。このように、圧電膜1の表面粗度 $R_a$ を上記範囲内とすることにより、接合強度があがり、特に信頼性の高いアクチュエータを得ることができる。また、圧電膜1と接する振動板構造体4の振動板5の表面粗度 $R_{a1}$ は、圧電膜1の表面粗度 $R_a$ との絶対値の差 $|R_{a1} - R_a|$ が $0.5\mu\text{m}$ 以下であることが望ましい。なお、表面粗度は、小坂研究所製の表面粗さ計「サーフコーダー」で測定することができる。

#### 【0032】

第2の工程である圧電膜を振動板構造体に接合する工程において、振動板構造体4は、図1の(b)に示すように、アクチュエータを構成する振動板5と基板部6とからなり、振動板5と基板部6は、一体成形されたものでも、接合されたものであっても良い。この振動板構造体4は、圧電膜1に接合する際の熱で変形しない耐熱性が必要であり、少なくとも150℃以上の耐熱性を持った材質であるものが好ましい。ここで、150℃以上の耐熱性とは150℃雰囲気下30分間の加熱処理をした後の寸法変位が3%未満であることをいう。

## 【0033】

振動板5としては、ヤング率が50GPa以上の材料で、例えばSUS、Ti、ジルコニア、Si、Cu、SiO<sub>2</sub>、ガラス、Cr等が挙げられる。振動板5は一層構成であっても複数の層構成であっても良い。複数の層構成の場合でも全体でヤング率が50GPa以上であることが必要である。振動板5の膜厚は、0.5μm～20μmで、好ましくは1μm～10μmである。また、振動板5は、Y、B等の微量金属でドーピングされたものを用いることもできる。

## 【0034】

振動板構造体4の基板部6の材料は、上記振動板4の材料と同一であっても良いが、他の材料としては、アルミナ、セルシアン、マグネシアや炭素繊維が含有されたセラミックス系複合材料などが挙げられる。このアクチュエータを液体噴射ヘッドに適用する際には、基板部6としては、例えば、Si基板やSUS基板等であって、液室が予め形成された加工済みの基板あるいは液室を後工程で形成する未加工の基板を用いることができる。液体噴射ヘッドの液室は、機械加工あるいはエッチング等により形成することができる。

## 【0035】

そして、圧電膜1と振動板構造体4の接合に際しては、図1の(b)に示すように、接合する圧電膜1と振動板5の両表面にあるいはいずれか一方の表面に、金属、金属の合金、金属酸化物、金属窒化物あるいは金属間化合物を接合層7(7a、7b)として成膜する。振動板構造体14と圧電体11の表面に成膜して接合層7(7a、7b)を形成する金属あるいは合金としては、Pd、In、Sn、Ni、Ga、Cu、Ag、Mo、Ti、Zr等の金属のうち少なくとも一種



類以上の金属を用いることができ、また、合金としては、例えば、 $\text{PdIn}_3$ 、 $\text{Al-Cu}$ 、 $\text{Ti-Ni}$ 等があり、金属酸化物としては、例えば、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 等があり、金属窒化物としては、例えば、 $\text{TiN}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 等があり、金属間化合物としては、例えば、 $\text{Ti-Ni}$ 、 $\text{Ag-Ni}$ 、 $\text{Fe-Co}$ 、 $\text{Cr-Mo}$ 等がある。このように、振動板構造体4と圧電体1の接合する両表面あるいはいずれか一方の表面に接合層7（7a、7b）を成膜し、それらを当接させた後に、通電加熱、通電圧接あるいは低温加熱等により両者を接合する。

## 【0036】

ここで、接合する際に用いる通電加熱とは、導電層を介して電流を流し、自己発熱により接合させる方法である。電流量としては $0.5\text{A}/\text{cm}^2 \sim 200\text{A}/\text{cm}^2$ で、好ましくは $1\text{A}/\text{cm}^2 \sim 50\text{A}/\text{cm}^2$ である。通電圧接とは、前記通電加熱法に加えさらに圧力をかけ、より強固に接合させる方法である。また、低温加熱とは、 $300^\circ\text{C}$ 以下の温度で合金を形成する異種金属を組み合わせ、接合面で合金を形成して接合させる方法である。特に、 $\text{Pd}$ と $\text{In}$ の組み合わせは、 $250^\circ\text{C}$ 付近で $\text{PdIn}_3$ の合金を形成することができることから、低温で接合するためには好ましい組み合わせである。他には、例えば、 $\text{Ag-Ni}$ 、 $\text{Ti-Ni}$ 、 $\text{Zr-Cu}$ 等の組み合わせにより接合することも可能である。

## 【0037】

第3の工程である中間転写体を圧電膜から剥離する工程は、図1の(c)に示すように、圧電膜1と振動板構造体4が接合されて構成するアクチュエータから中間転写体2を切り離す工程であり、中間転写体2を剥離する手法としては、中間転写体2と圧電膜1の間に多孔質層3を設けてこの多孔質層3を機械的に破壊して中間転写体2を剥離する手法と、ウォータージェット法により破壊して中間転写体2を剥離する手法と、レーザ光を照射し急速加熱により中間転写体2を剥離する手法等がある。なお、レーザ光を照射し剥離する手法では、多孔質層3がなくても良い。

## 【0038】

前者の2手法（機械的剥離とウォータージェット法）においては、圧電膜1の

形成時に、圧電膜 1 と中間転写体 2 の界面に、密度が 30%～95%、好ましくは 50%～95% の多孔質層 3 を形成しておくことが好ましく、多孔質層 3 の膜厚は、 $0.5\mu\text{m}$ ～ $200\mu\text{m}$ 、好ましくは、 $1.0\mu\text{m}$ ～ $100\mu\text{m}$  とする。この多孔質層 3 は、例えば、中間転写体 2 上にカーボン含有酸化物セラミックス層を予め作成しておき、圧電膜 1 が高温で焼成される時に界面にカーボンが燃焼することにより多孔質層が形成されることにより、この脆弱な多孔質層を機械的に破壊することで、圧電膜 1 と中間転写体 2 を容易に剥離することができる。なお、多孔質の密度は、多孔質層の断面を TEM（透過電子顕微鏡）観察し、空隙面積を測定することにより判定することができる。

## 【0039】

さらに、多孔質層 3 を導電性にし、アクチュエータの電極として利用することも好ましい態様であり、その場合は、例えば、SRO（ストロンチウムルテニウムオキサイド）や ITO のゾルゲル液に、金属微粒子、炭素材料、セラミックス微粒子を分散混合したペーストでコーティングを行い成膜することにより導電性の多孔質層を得ることができる。

## 【0040】

また、多孔質層 3 を介して中間転写体 2 を剥離する際に、多孔質層 3 に高压の束状の流体（ウォータージェット）を衝突させることによっても容易に分離することができる。ウォータージェット法は、一般に、水を高速でかつ高压の束状の流れにして対象物に対して噴射して、セラミックス、金属、樹脂、ゴム、木材等の切断、加工、あるいは表面の洗浄等を行う方法である。ウォータージェット法を用いた例としては、K. Ohmi らの「Water Jet Splitting of Thin Porous Si for ELTRAN」The Japan Society of Applied Physics, Tokyo, p. 345～355（1999）；R. Herino らの「Microstructure of Porous Silicon and its Evaluation with Temperature」Mater.Lett. 2, p. 519～523（1984）に記載がある。本発明では、ウォータージェットを多孔質層 3 に噴射し、多孔質層 3 を選択的に崩壊させて中間転写体 2 の剥離を行うものである。ウォータージェットとして使用する流体の圧力は、 $5.0 \times 10^4 \text{ kPa}$ ～ $80.0 \times 10^4 \text{ kPa}$  で、好ましくは、 $10.0 \times 10^4$

$4 \text{ kPa} \sim 50.0 \times 10^4 \text{ kPa}$ である。

【0041】

レーザ光を照射して中間転写体を剥離する手法においては、中間転写体2上に圧電膜1を形成して、これに振動板構造体4を接合した後に、レーザ光を振動板5の反対側から中間転写体2を通して照射して急速加熱し、その瞬間的な熱膨張の差あるいは熱分解により、圧電膜1と透明基板である中間転写体2とを分離する。レーザ光としては、エキシマレーザ、赤外レーザを用いることができ、エキシマレーザ光を用いる場合は、中間転写体2として、波長 $230 \text{ nm} \sim 260 \text{ nm}$ の光の透過率が20%以上ある材料を用い、また、赤外レーザ光を用いる場合は、 $700 \text{ nm} \sim 1250 \text{ nm}$ の光の透過率が20%以上の材料を中間転写体として用いる。レーザ光の照射エネルギーとしては、好ましくは $50 \sim 1000 \text{ mJ/cm}^2$ である。

【0042】

エキシマレーザ光を用いて剥離する場合、中間転写体2としては、 $230 \text{ nm} \sim 260 \text{ nm}$ 付近に透光性があり、圧電膜アレイの焼成の際に $900^\circ\text{C}$ 以上の温度に耐えられる材料であれば、本方式の中間転写体として十分な機能を果たし、例えば、 $\text{MgO}$ 基板やアルミナ、サファイア、石英ガラス、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{LiF}$ 等を使用することができる。また、炭酸ガスレーザ、YAGレーザ等の赤外レーザを用いて剥離する場合には、 $700 \text{ nm} \sim 1250 \text{ nm}$ 付近に透光性があり、圧電膜アレイの焼成の際に $900^\circ\text{C}$ 以上の温度に耐えられる材料であれば、本方式の中間転写体として十分な機能を果たすことができ、例えば、 $\text{MgO}$ 、 $\text{MgF}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaF}_2$ 、石英ガラス、アルミナ、サファイア、 $\text{SrTiO}_3$ 単結晶基板等を使用することができる。

【0043】

以上のような工程により、図1の(d)に示すような圧電膜1と振動板構造体4が接合された圧電膜型アクチュエータを形成することができる。なお、同図(d)において、9は上部電極である。

【0044】

以上のように圧電膜型アクチュエータを製造することにより、圧電膜1を形成

する工程と圧電膜 1 を振動板構造体 4 に接合する工程が分離され、圧電膜 1 の成膜プロセスとアクチュエータの製造プロセスが機能分離されていることより、アクチュエータとしての振動板構造体 4 の材料を幅広く選択出来ることができ、さらに圧電膜 1 の性能を任意に調整した膜を得ることができる利点がある。

## 【 0 0 4 5 】

圧電膜と振動板構造体の接合に際して、接合の加熱温度を 5 0 0 ℃ 以下の低温とすることができ、また、圧電膜の表面粗度  $R_a$  を  $0.01\mu\text{m} \sim 2.5\mu\text{m}$  とし、金属、合金、金属酸化物、金属窒化物、または金属間化合物を介して、通電加熱、低温加熱、あるいは通電圧接等により接合することによって、接着剤を用いることなく、接合強度および耐久性を向上させることができ、信頼性の高い圧電膜型アクチュエータを得ることができる。さらに、中間転写体を、多孔質層を介して機械的にあるいはレーザー光の照射により、容易にかつ圧電膜を損傷させることなく剥離することができ、中間転写体を再利用することが可能となる。

## 【 0 0 4 6 】

これにより、低駆動電圧で大変位が得られ、応答速度が速く、発生力の大きい、大面積化・高集積化が可能である素子を得ることができる。このように、信頼性の高い大面積の圧電膜型アクチュエータを作製することができ、液体噴射ヘッドの他に、マイクロホン、スピーカーなどの発音体、各種振動子・発振子、さらには加速度センサー、圧力センサー、振動センサー、角速度センサー等の各種センサーに好適に用いることができる。

## 【 0 0 4 7 】

次に、本発明の圧電膜型アクチュエータの製造方法を用いて作製する液体噴射ヘッドおよびその製造方法について、図 2 ないし図 8 を参照して説明する。

## 【 0 0 4 8 】

本発明の液体噴射ヘッド 1 1 は、図 2 の ( a ) および ( b ) に示すように、複数の液吐出口 1 2 と、各液吐出口 1 2 に対応して設けられた液室 1 3 と、液室 1 3 に対してそれぞれ設けられた圧電膜 1 4 とを備えて以下のように構成される。なお、本図面では、液吐出口 1 2 が下面側に設けられているが、側面側に設けることもできる。

## 【 0 0 4 9 】

液体噴射ヘッド 1 1 において、液吐出口 1 2 は、ノズルプレート 1 5 に所定の間隔をもって形成され、液室 1 3 は、基板部 1 6 に液吐出口 1 2 にそれぞれ対応するように並列して形成されており、各液吐出口 1 2 とそれに対応する液室 1 3 は、基板部 1 6 に形成された液流路 1 6 a を介して接続される。また、基板部 1 6 の上面には各液室 1 3 にそれぞれ対応して開口部 1 6 b が形成され、基板部 1 6 の上面には開口部 1 6 b を塞ぐように振動板 1 7 が形成され、この振動板 1 7 の上に各液室 1 3 に対応して位置するように圧電膜 1 4 が配設されている。

## 【 0 0 5 0 】

また、圧電膜 1 4 は、図 2 の (c) に示すように、その上下の面にそれぞれ P t , A u , A l 等の電極 1 8 が位置付けられ、振動板 1 7 上に配置されている。圧電膜 1 4 の組成としては、鉛、チタン、ジルコニウムから構成される酸化物であるペロブスカイト構造をもつチタン酸ジルコン酸鉛 ( P Z T ) 、チタン酸バリウム、チタン酸ジルコン酸バリウム、あるいはそれらに M n , N b , L a , G e 等を添加した組成でも良い。このように電極 1 8 が形成された圧電膜 1 4 と振動板 1 7 とによって圧電膜型アクチュエータ ( 圧電振動部 ) 1 9 が構成される。

## 【 0 0 5 1 】

液体噴射ヘッド 1 1 は、前述した圧電膜型アクチュエータの製造方法と同様の方法に製造されるデバイスであり、特に、圧電膜は高密度に並列して形成されるとともに、振動板と基板部で構成する振動板構造体の基板部に形成する液室も圧電膜と同様に高密度に並列されている。なお、基板部は、アクチュエータの作製時には、液室が予め形成された加工済みの基板であってもよく、あるいは、液室が未加工の基板であってもよい。また、基板部は、振動板と一体成形されたものであっても良く、振動板に接合されたものでも良い。基板部に形成する液室は、液体が流れ込む空間として、機械加工、あるいはエッチングにより作製され、この液室は矩形であっても楕円形状等でも良い。また、この液室は液体タンクから液体が供給される液流路と連結される。また、液室と液体タンクの間には逆流防止の加工がされていても良い。

## 【 0 0 5 2 】

また、複数の圧電膜と振動板構造体の液室はそれぞれ対応するように構成されるが、圧電膜の寸法精度のばらつきを±5%以内に抑えるように寸法精度の揃った液体噴射ヘッドを形成することができる。ここで、圧電膜の寸法精度とは、圧電膜の幅、長さ、高さにおいて、各ばらつきが±5%以内にあることをいう。

## 【0053】

振動板構造体と圧電膜の接合強度およびアクチュエータや液体噴射ヘッドとしての耐久性を向上させるために、圧電膜の表面粗度Raが $0.01\mu\text{m} \sim 2.5\mu\text{m}$ にあることが好ましく、圧電膜の表面粗度Raが前記範囲に入ることにより、各素子間の変位量や振動特性のばらつきの少ないデバイスを得ることができる。ここで、変位量のばらつきが少ないとは、振動板の最大変位量のばらつきが±7%以内に入ることの意味する。また、振動特性のばらつきが少ないとは、周波数 $10\text{kHz} \sim 25\text{kHz}$ の間で変位量の増減量が各素子間で一定であることを意味する。

## 【0054】

次に、本発明の液体噴射ヘッドの製造方法の詳細について、具体的な実施例を挙げてさらに説明する。

## 【0055】

図3ないし図7は、本発明の液体噴射ヘッドの製造方法の具体的な第1の実施例における各工程を図示する概略図である。

## 【0056】

圧電膜を中間転写体上に形成する工程においては、中間転写体22として、板厚 $1\text{mm}$ 、縦横 $5\text{cm} \times 1\text{cm}$ のMgO多結晶基板を用いる。MgO中間転写体22上に、光感光性の樹脂24を用いて、図3の(a)および(b)に示すような $300\text{dpi}$ の密度間隔の短冊状の鋳型25を形成する。

## 【0057】

MgO中間転写体22上に形成された鋳型25の間に、図3の(c)に示すように、まず、カーボンと $\text{SiO}_2$ を含む複合材料層(23)を形成する。そして、その上にPZT(チタン酸ジルコン酸鉛)ペースト21をスクリーン印刷により埋め込み、その後に、 $100^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ で乾燥処理を行い、鋳型25の高さ

( $8\mu\text{m}$ ) を埋まるまで 3 回繰り返した後、 $1200^{\circ}\text{C}$  で本焼成を行う。この本焼成と同時に樹脂 2 4 を燃焼させる。これにより、図 4 に示すように、 $300\text{dpi}$  の密度間隔の短冊状の P Z T 圧電膜 2 1 が並列した P Z T アレイを形成した。この P Z T アレイの表面粗度  $R_a$  は  $0.6\mu\text{m}$  であった。このとき、M g O 中間転写体 2 2 と P Z T 圧電膜 2 1 との間に形成されたカーボンと  $\text{SiO}_2$  を含む複合材料層 (2 3) は、圧電膜 2 1 が焼成される際に炭化されて、密度 8 5 % の多孔質層 2 3 (約  $3\mu\text{m}$  厚み) となる。

## 【 0 0 5 8 】

次の中間転写体上の圧電膜と振動板構造体を接合する工程において、圧電膜 2 1 に接合する振動板構造体 2 6 は、図 5 に図示するように、表面粗度  $R_{a1}$  が  $0.2\mu\text{m}$  の S U S 製の振動板 2 7 と液室 2 9 が形成されている S i 基板部 2 8 とで構成されており、この振動板構造体 2 6 と図 4 に示すように形成された P Z T アレイの接合に際しては、図 6 に示すように、P Z T アレイの圧電膜 2 1 の表面に P d 層 3 1 を成膜するとともに、S U S 振動板 2 7 の表面に P d 層 3 1 と I n 層 3 2 を順次成膜し、それらを当接させた後に、 $250^{\circ}\text{C}$  に加熱して P d I n<sub>3</sub> の合金層 3 3 (図 7 参照) を形成して圧電膜 2 1 と振動板 2 7 を接合した。

## 【 0 0 5 9 】

そして、中間転写体を圧電膜から剥離する工程において、M g O 中間転写体 2 2 を圧電膜 2 1 から剥離する。本実施例では M g O 中間転写体 2 2 と P Z T 圧電膜 2 1 の間には多孔質層 2 3 を形成してあることにより、機械的に容易に剥離することが可能であった。

## 【 0 0 6 0 】

本実施例では  $25.4\text{mm}$  (1 インチ) 当たり 3 0 0 本の P Z T 圧電膜 2 1 のアレイを形成し、それを寸法変動なく、振動板構造体 2 6 上に転写接合することが可能となった。こうして作製したアクチュエータの寸法のばらつきは  $\pm 3\%$  以内であった。

## 【 0 0 6 1 】

最後に、ノズル (液吐出口) 3 5 を液室 2 9 に対応するように配列して形成されたシリコン製のノズルプレート 3 4 を、図 7 に示すように、振動板構造体 2 6

に接合することで、長尺でかつ高密度の液体噴射ヘッド（図 2 も参照）が作製できた。なお、図 7 において、36 は上部電極である。

## 【 0 0 6 2 】

また、接合合金層 33 として、接合する片面にそれぞれ Pd、In を単層成膜して接合することも可能であったし、また、In/Pd の積層を接合する両面につけて接合することもできた。

## 【 0 0 6 3 】

以上のように作製された液体噴射ヘッドにおいては、20 V の駆動電圧、15 kHz の周波数で、液体を 11 m/s の速度で安定して吐出させることができた。

## 【 0 0 6 4 】

次に、本発明の液体噴射ヘッドの製造方法の具体的な第 2 の実施例について図 8 を参照して説明する。

## 【 0 0 6 5 】

本実施例における圧電膜を中間転写体上に形成する工程においては、図 8 の（a）に示すように、単結晶 MgO の中間転写体（230～260 nm の平均透過率 65%）52 上に、約 0.4  $\mu\text{m}$  の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粒子と約 0.3  $\mu\text{m}$  の ZrO<sub>2</sub> 粒子を等量混合した分散液を Si のアルコキサイドのゾル液に加えて塗布し、これに対して最高温度 430℃ で加熱処理を行い、有機成分を燃焼除去させて、密度が 92% の 9  $\mu\text{m}$  厚の多孔質層 53 を形成した。

## 【 0 0 6 6 】

この多孔質層 53 の上に 1100℃ の焼結処理により、12  $\mu\text{m}$  厚の PMN-PZT 膜 51 を形成した。この圧電膜 51 の表面粗度 R<sub>a</sub> は 0.7  $\mu\text{m}$  であった。この上に 150 nm の Pd 層 61 をスパッタ成膜し、さらに 900 nm の In 層 62 をのせた。

## 【 0 0 6 7 】

また、図 8 の（b）に示すように、200  $\mu\text{m}$  厚の SUS 基板 58 の上に 5  $\mu\text{m}$  厚の ZrO<sub>2</sub> 振動板（ヤング率：192 GPa）57 を積層した振動板構造体 56 を準備した。この振動板 57 の表面粗度 R<sub>a1</sub> は 0.5  $\mu\text{m}$  であった。この



振動板 5 7 上に 1 2 0 n m の P d 層 6 1 を成膜した。

【 0 0 6 8 】

次いで、図 8 の ( c ) に示すように、P Z T 圧電膜 5 1 と振動板構造体 5 6 とを重ね、 $2 \times 10^3$  k P a の圧力をかけ、2 0 0 ° C で 3 0 分間加熱処理を行い、P d I n<sub>3</sub> の合金層 6 3 を形成して接合した。

【 0 0 6 9 】

その後、図 8 の ( d ) に示すように、ウォータージェット法で  $1.5 \times 10^4$  k P a の圧力でウォータージェット 6 5 を多孔質層 5 3 に噴射して、多孔質層 5 3 を崩壊した。これにより、M g O 中間転写体 5 2 を容易に剥離することができた ( 図 8 の ( e ) 参照 ) 。

【 0 0 7 0 】

その後、図 8 の ( f ) に示すように、振動板構造体 5 6 の上に接合した圧電膜 5 1 をエッチング処理により 1 8 0 d p i の解像度でパターンニングした後、S U S 基板 5 8 もエッチングにより圧電膜 5 1 の下部に液室 5 9 を作製する。そして、液吐出口 ( ノズル ) 6 7 を液室 5 9 に対応するように配列して形成されたシリコン製のノズルプレート 6 6 を振動板構造体 5 6 に接合することで、長尺でかつ高密度の液体噴射ヘッドデバイスが形成でき、圧電膜型アクチュエータを備える液体噴射ヘッド ( 図 2 も参照 ) を得た。Z r O<sub>2</sub> 振動板 5 7 と圧電膜 5 1 の接合強度も強固であり、駆動電圧 2 0 V 、周波数 1 5 k H z で  $10^7$  回の耐久試験を行っても変位量の低減はほとんどなかった。

【 0 0 7 1 】

また、圧電膜 5 1 をパターンニングしてアレイ状にした後に振動板構造体 5 6 に接合し、ウォータージェット法により中間転写体 5 2 を剥離した場合も、同様に良好な圧電膜型アクチュエータを得ることができた。また、接合層に S i O<sub>2</sub> を用い 4 5 0 ° C 加熱処理により接合させた場合や S i<sub>3</sub> N<sub>4</sub> を用い 5 0 0 ° C で接合させた場合も強固な接合強度が得られた。

【 0 0 7 2 】

次に、本発明の液体噴射ヘッドの製造方法の具体的な第 3 の実施例について説明する。

## 【 0 0 7 3 】

本実施例においては、MgO中間転写体（230～260nmの平均透過率65%）上に形成したアレイ状の圧電膜を用い、前述した第2の実施例と同様に、このアレイ状圧電膜を振動板構造体に接合した後にMgO中間転写体を剥離する手段としてレーザー光を用いた。

## 【 0 0 7 4 】

MgO中間転写体側から圧電膜が付着した部分に約 $300\text{ mJ/cm}^2$ のエネルギーでエキシマレーザー光を照射した。すべての圧電膜部分に照射し、室温下放置した後、MgO中間転写体を剥離したところ容易に圧電膜から分離することができた。また、YAGレーザー光でも $400\text{ mJ/cm}^2$ のエネルギーで同様に剥離が確認できた。

## 【 0 0 7 5 】

その後に、アレイ状の圧電膜にポリマーの保護膜をつけた後、SUS基板をエッチングして液室を作製し、そして、圧電膜の保護膜を除去した後に、圧電膜をイオンミリングで洗浄、加熱処理、Ptの上部電極作成の工程を経て、圧電膜型アクチュエータを得た。

## 【 0 0 7 6 】

このように作製した圧電膜型アクチュエータにおいても、駆動電圧20Vで周波数30kHzまで十分な変位量が確認された。また、駆動電圧の周波数に対して対応良い変位が確認された。これを前述した実施例と同様に液体噴射ヘッドヘッドを作製し、吐出検討を行ったところ、駆動電圧20V、周波数15kHzで13m/sの速度で安定して液滴を吐出させることができた。

## 【 0 0 7 7 】

次に、本発明の液体噴射ヘッドの製造方法の具体的な第4の実施例について説明する。

## 【 0 0 7 8 】

本実施例においては、圧電膜として、前述した第2の実施例と同様に作製した圧電膜を用いて、振動板構造体としては第1の実施例と同様に作製した振動板構造体を用い、これらの接合を通電圧接法により接合した。圧電膜にNi層をつけ

、振動板側に Ag 層を設けたのち、 $2.0 \times 10^3$  kPa の加圧下で振動板側から圧電膜の端面へ 20 A の電気を流した。接合処理後、第 2 の実施例と同様にウォータージェットを多孔質層に噴射しウォータージェット法で剥離した。このようにして作製された圧電膜型アクチュエータは、駆動電圧 30 V で十分な変位を示した。

【0079】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、圧電膜を振動板構造体に直接成膜するのではなく中間転写体を介在させて圧電膜を形成するものであって、圧電膜を形成する工程と圧電膜を振動板構造体に接合する工程が分離され、圧電膜の成膜プロセスとアクチュエータの製造プロセスが機能分離されていることより、アクチュエータとしての振動板構造体の材料を幅広く選択することができ、圧電膜の性能を任意に調整した膜を得ることができる利点がある。また、圧電膜と振動板構造体の接合に際して、接合の加熱温度が 500℃ 以下の低温とすることができ、また、圧電膜の表面粗度 Ra を  $0.01 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$  とし、金属、合金、金属酸化物、金属窒化物、または金属間化合物を介して、通電加熱、低温加熱、あるいは通電圧接により接合することによって、接着剤を用いることなく、接合強度および耐久性を向上させることができ、信頼性の高い圧電膜型アクチュエータを得ることができる。

【0080】

さらに、中間転写体を、多孔質層を介して機械的にあるいはレーザ光の照射により、圧電膜を損傷させることなく容易に剥離することができ、中間転写体を再利用することが可能となる。

【0081】

このように、低駆動電圧で大変位が得られ、応答速度が速く、発生力の大きい、大面積化・高集積化が可能な圧電膜型アクチュエータを得ることができる。

さらに、低駆動電圧で大変位が得られ、高速応答が可能で安定した信頼性の高い長尺で高密度の液体噴射ヘッドを作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の圧電膜型アクチュエータの製造方法の主要工程を示す工程図である。

【図 2】

(a) は、本発明の液体噴射ヘッドの斜視図であり、(b) は、(a) の A - A 線に沿って破断して示す断面図であり、(c) は、本発明に係る液体噴射ヘッドにおける圧電膜型アクチュエータを拡大して示す部分断面図である。

【図 3】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法の一実施例における中間転写体上に圧電膜を形成する工程を示す図であり、(a) は中間転写体に樹脂パターンを形成した状態を示す上面図であり、(b) は同 (a) における線 B - B に沿った断面図であり、(c) は中間転写体上に形成された鑄型の間に複合材料層および圧電膜ペーストを埋め込んだ状態を示す断面図である。

【図 4】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法の一実施例における中間転写体上に圧電膜を形成する工程により、圧電膜をアレイ状に形成した状態を示す斜視図である。

【図 5】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法の一実施例における圧電膜に接合する振動板構造体の斜視図である。

【図 6】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法の一実施例における圧電膜と振動板構造体を接合する工程を示す断面図である。

【図 7】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法の一実施例において作製された液体噴射ヘッドの断面図である。

【図 8】

本発明の液体噴射ヘッドの製造方法の他の実施例について主要工程を概略的に示す工程図である。

【符号の説明】

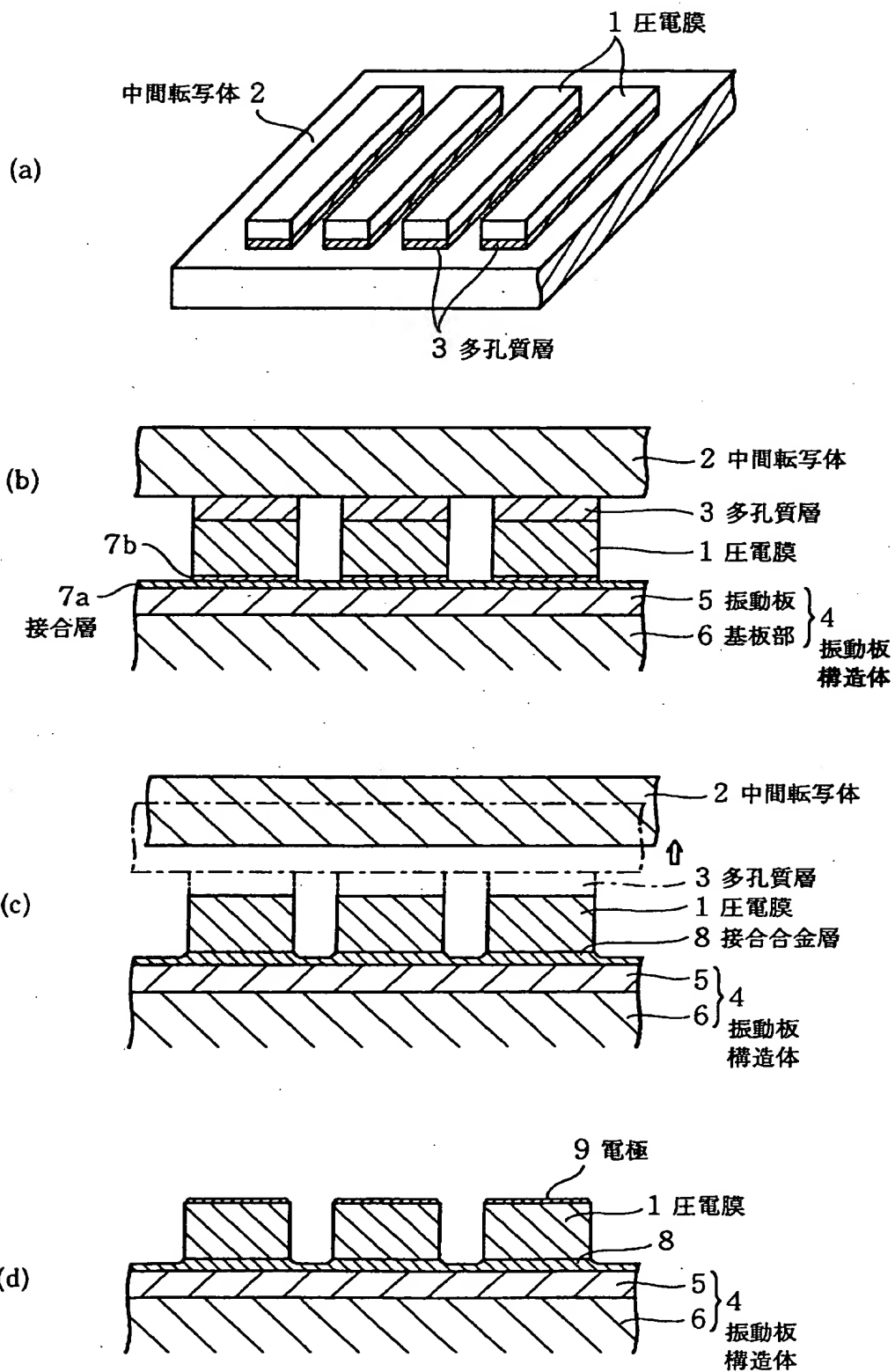
1      圧電膜

- 2 中間転写体
- 3 多孔質層
- 4 振動板構造体
- 5 振動板
- 6 基板部
- 8 接合合金層
- 9 電極
- 1 1 液体噴射ヘッド
- 1 2 液吐出口
- 1 3 液室
- 1 4 圧電膜
- 1 5 ノズルプレート
- 1 6 基板部
- 1 7 振動板
- 1 8 電極
- 1 9 (圧電膜型) アクチュエータ
- 2 1 (P Z T) 圧電膜
- 2 2 (M g O) 中間転写体
- 2 3 多孔質層
- 2 5 鋳型
- 2 6 振動板構造体
- 2 7 振動板
- 2 8 基板部
- 2 9 液室
- 3 3 接合合金層
- 3 4 ノズルプレート
- 3 5 液吐出口
- 5 1 (P Z T) 圧電膜
- 5 2 (M g O) 中間転写体

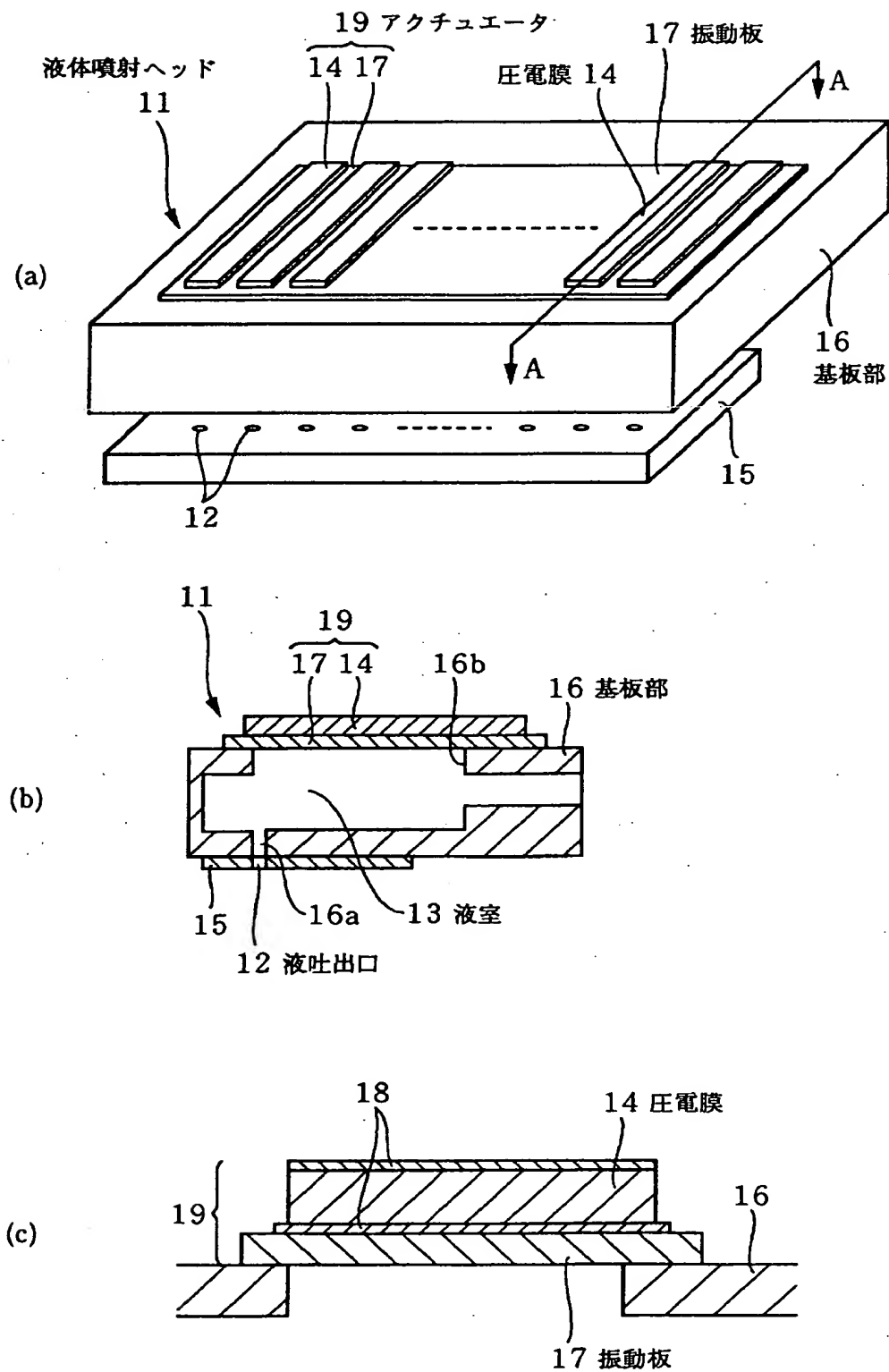
- 5 3    多孔質層
- 5 6    振動板構造体
- 5 7    ( Z r O <sub>2</sub> ) 振動板
- 5 8    ( S U S ) 基板部
- 5 9    液室
- 6 3    接合合金層
- 6 5    ウォータージェット
- 6 6    ノズルプレート
- 6 7    液吐出口

【書類名】 図面

【図 1】

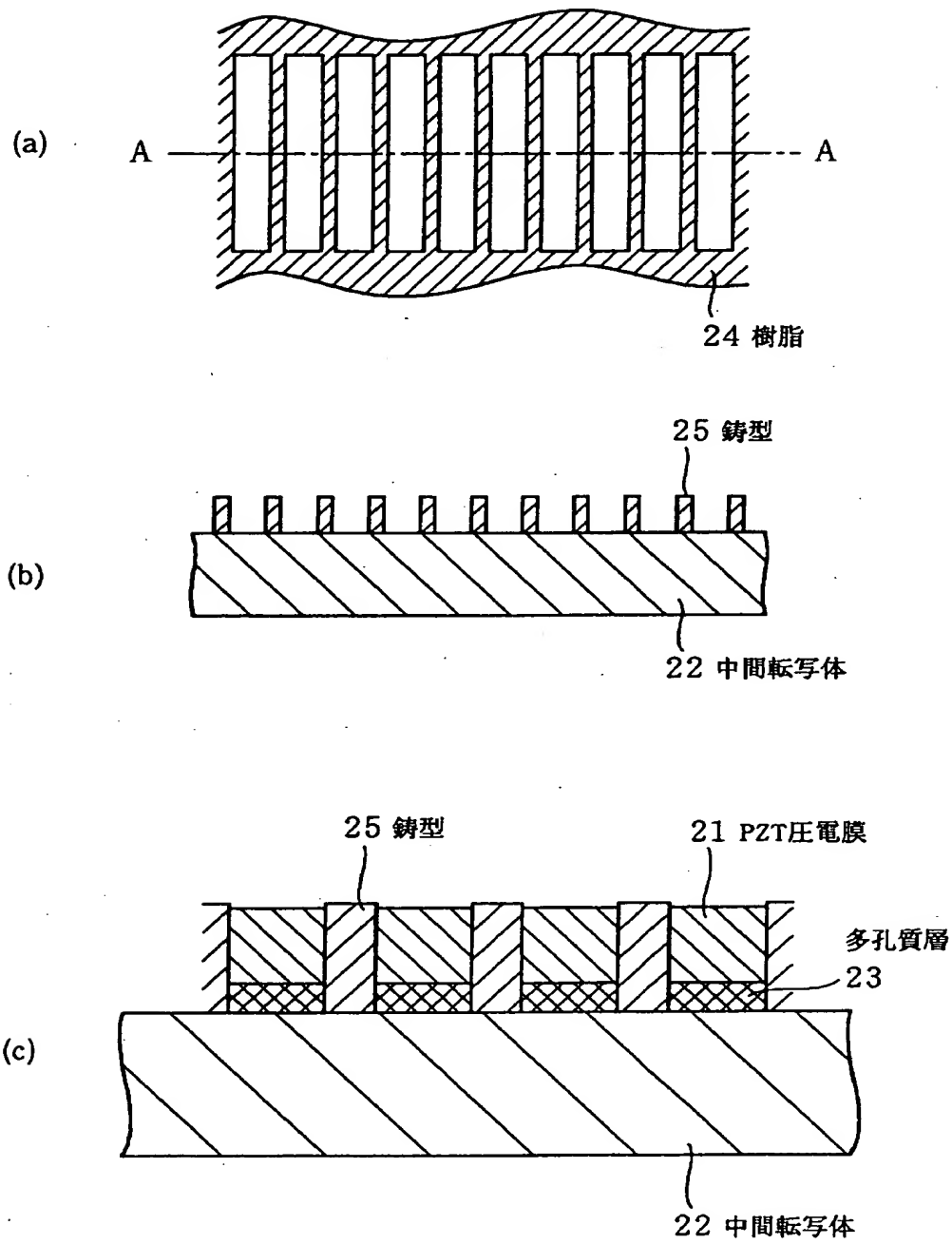


【図 2】

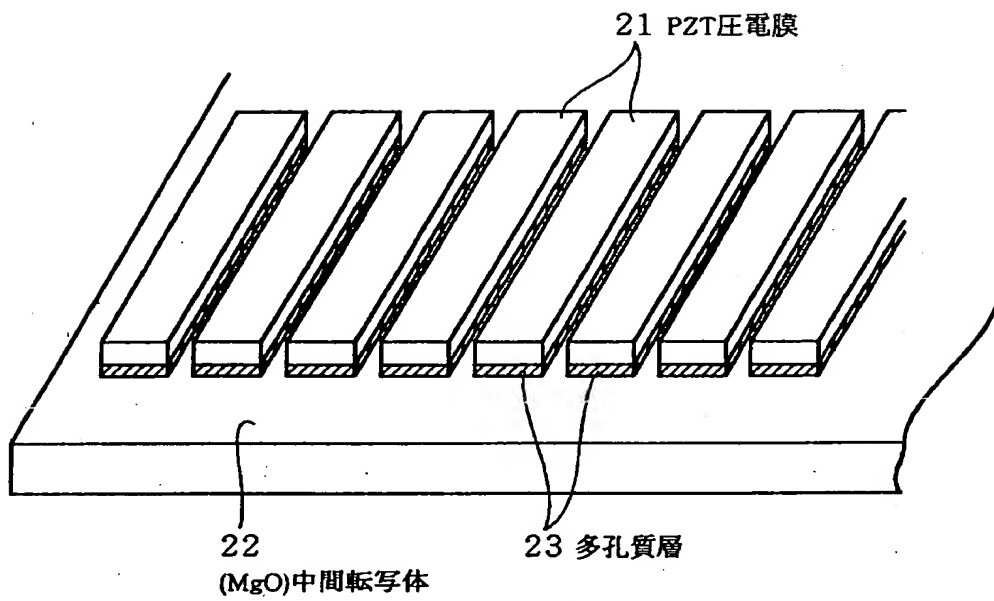




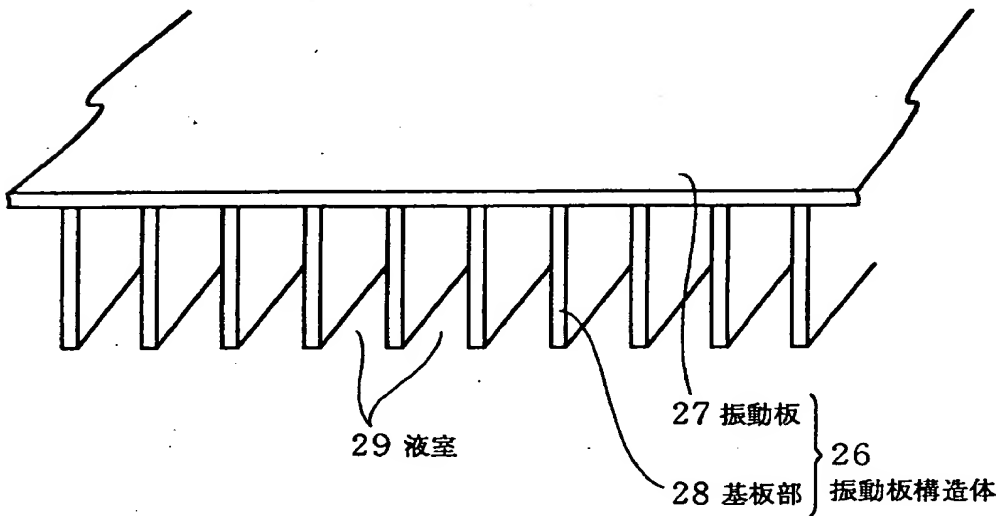
【図 3】



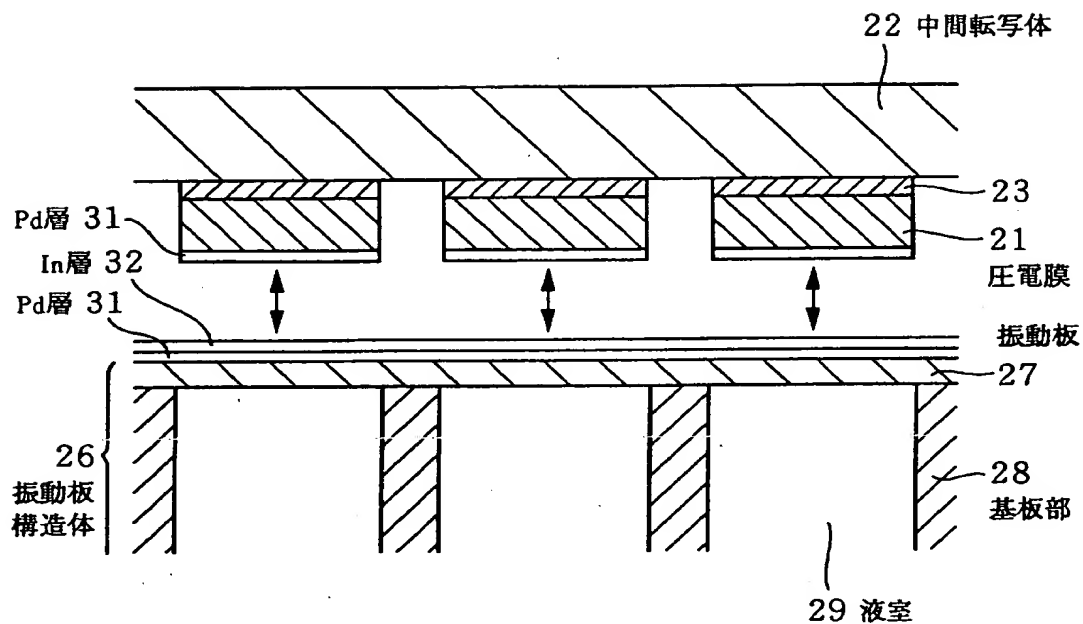
【図 4】



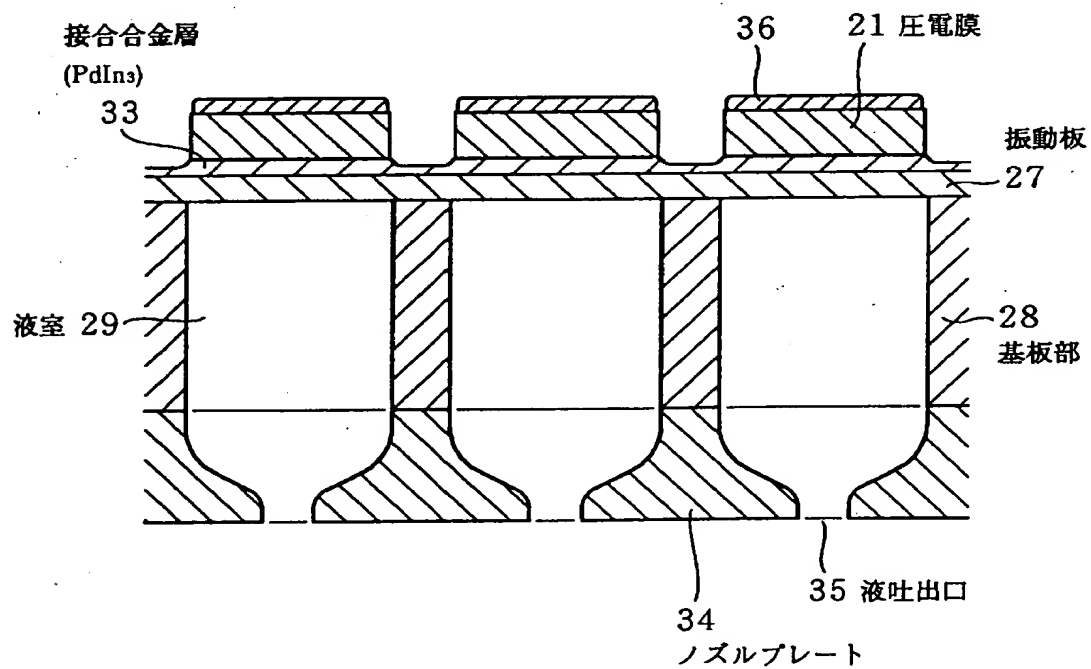
【図 5】



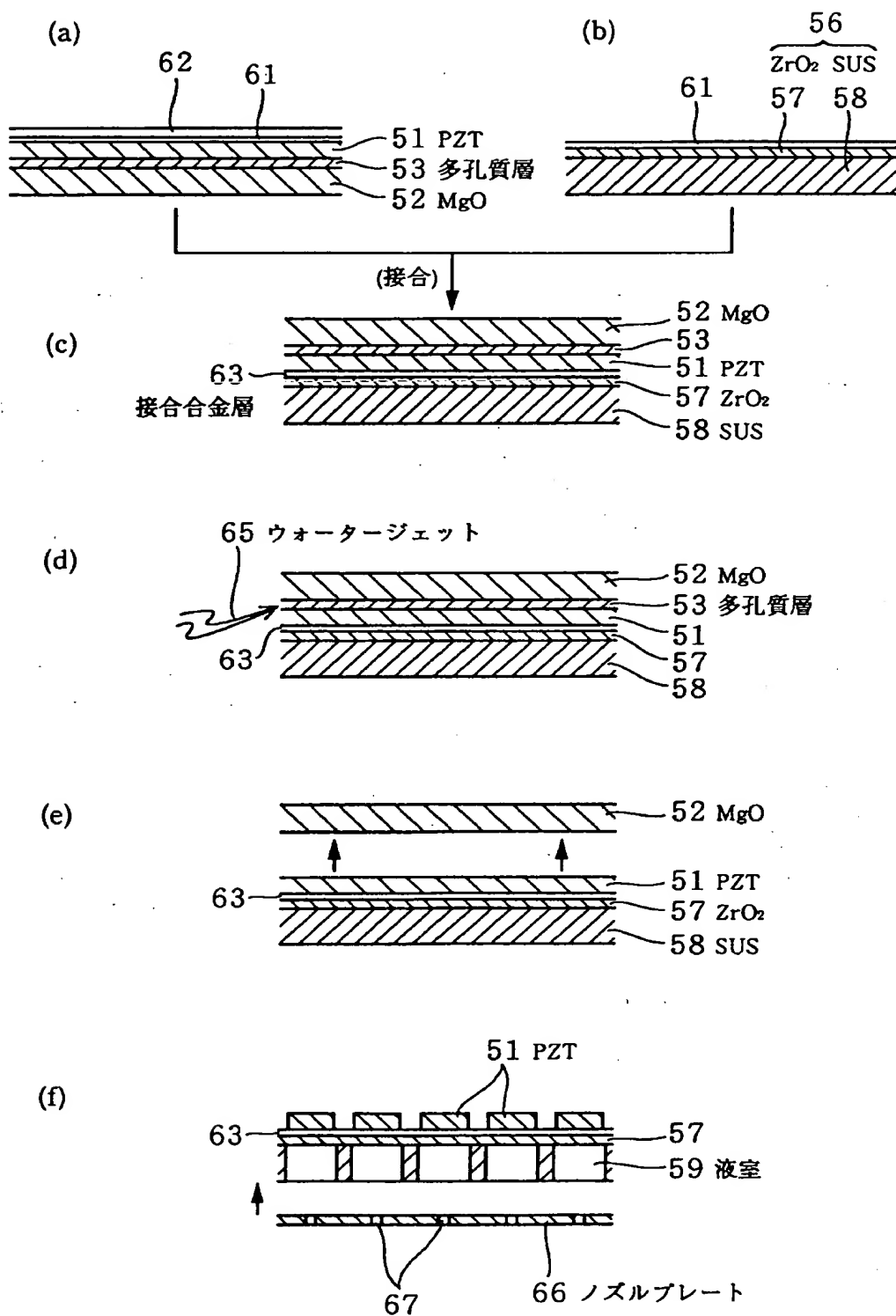
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 大面積で信頼性が高く、かつ低駆動電圧で大変位が得られ、応答速度が速く、かつ発生力が大きく、高集積化が可能な圧電膜型アクチュエータおよび液体噴射ヘッドとそれらの製造方法を提供する。

【解決手段】 圧電膜 1 を中間転写体 2 上に多孔質層 3（機械的剥離やウォータージェット法を利用する場合）を介して形成し、圧電膜 1 と振動板構造体 4 の振動板 5 の表面を金属層や合金層 7、8 を介して通電加熱、通電圧接、低温加熱等により両者を接合する。その後に、圧電膜 1 と中間転写体 2 の間の多孔質層 3 にウォータージェットを噴射させ、あるいは中間転写体 2 側からレーザー光を照射させることにより、中間転写体 2 を圧電膜 1 から剥離させる。このように、圧電膜 1 を形成する工程と圧電膜 1 を振動板構造体 4 に接合する工程を分離して、圧電膜 1 と振動板構造体 4 を強固に接合した圧電膜型アクチュエータを作製する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名	キヤノン株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 . [500485774]

1. 変更年月日	2000年10月19日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都立川市柴崎町4丁目6番33号
氏 名	香川 豊